

Manuale del FUNcube di AMSAT-UK

Prima edizione



AMSAT-UK

Manuale del FUNcube

Pubblicato da AMSAT-UK
Novembre 2013



FUNcube: modello per il volo (a sinistra) e il modello di sviluppo (a destra)

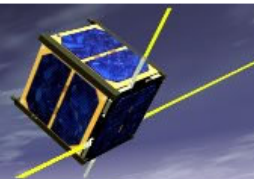
Il progetto FUNcube è stato sviluppato da un piccolo gruppo (meno di 10 elementi) di esperti volontari, appartenenti a varie associazioni radioamatoriali nazionali quali ad esempio AMSAT-UK e AMSAT-NL ed è stato parzialmente finanziato dalla Radio Communications Foundation.

Anche se questo manuale si riferisce principalmente al FUNcube – 1, vale la pena notare l'elevata similitudine con l'hardware ed il software fornito al UKube -1 (sponsorizzato dall'Agenzia Spaziale Britannica) come sotto sistema volto ad offrire quasi le stesse funzionalità.

*Scritto e composto a cura di Richard W.L. Limebear G3RWL FBIS , su documentazione fornita da Innovative Solutions In Space B.V (ISIS, Netherlands) e AMSAT
Traduzione italiana di Pierluigi Poggi (IW4BLG), AMSAT-UK*



FUNcube
UK Amateur Radio Educational Satellite



Contenuti dell'opera

| | |
|---|----|
| FUNcube | |
| Che cosa è un CubeSat..... | 1 |
| Storia e presentazione del progetto | 1 |
| Sistemi di bordo | 4 |
| Modi operativi..... | 7 |
| Lancio e prime operazioni | 7 |
| Operazioni del Payload..... | 8 |
| Il trasponder radio amatoriale (AMSAT) | 8 |
| Telemetria | 8 |
| Obiettivi didattici | 9 |
| Esperimento di scienza dei materiali | 10 |
| L'interfaccia grafica – pannello di controllo | 11 |
| Fitter Messages | 12 |
| Il FUNcube Dongle..... | 12 |
| Formato dei dati della telemetria | 12 |
| Telemetria in tempo reale | 13 |
| Dati “Whole Orbit” | 13 |
| Telemetria ad alta risoluzione..... | 13 |
| Piano delle trasmissioni | 13 |
| UKube-1..... | 14 |

Grafica di copertina : FUNcube-1, modello di volo

Che cosa è un CubeSat

(Estratto da Wikipedia)

Un Cubesat è un tipo di satellite miniaturizzato avente forma cubica, volume di 1 dm³ e massa non superiore a 1,33 kg. Di solito la sua elettronica viene realizzata utilizzando componenti commerciali (Commercial Off The Shelf, COTS).

La maggior parte dello sviluppo di questi satelliti ha origine nel mondo accademico, ma anche diverse aziende commerciali hanno costruito CubeSats . Questo formato è popolare anche fra i costruttori di satelliti per il servizio d'amatore. Il loro costo contenuto, di gran lunga inferiore rispetto alla maggior parte delle altre piattaforme satellitari, ha fatto dei CubeSat una valida opzione per le scuole e le università di tutto il mondo.

Le specifiche dei Cubesat sono state studiate per raggiungere diversi obiettivi. La semplificazione della struttura rende possibili la progettazione e la costruzione di satelliti funzionanti a costo basso. La standardizzazione dell'interfaccia tra il lanciatore ed il carico utile riduce il lavoro necessario per accoppiare il satellite con il lanciatore. L'unificazione tra carichi e lanciatori permette di cambiare velocemente il satellite da lanciare, consentendo di modificare il carico in breve tempo.

Lo standard di 10×10×10 cm è chiamato Cubesat 1U, che significa "un'unità". È possibile aumentare la lunghezza dei Cubesat lungo un solo asse aggiungendo unità delle stesse dimensioni. Quindi un Cubesat 2U (due unità) avrà dimensioni 20×10×10 cm e uno 3U 30×10×10 cm. Poiché i Cubesat hanno, su due direzioni, tutti le stesse dimensioni di 10×10 cm, possono essere lanciati e dispiegati con un unico sistema, di solito chiamato POD (Picosatellite Orbital Deployer) .

Storia e presentazione del progetto

AMSAT -UK ha lanciato il suo nuovo progetto di un satellite chiamato FUNcube nel mese di ottobre 2009. Il progetto ha ricevuto un importante finanziamento iniziale da parte della UK's Radio Communications Foundation (RCF). La RCF è stata in grado di erogare questo finanziamento a seguito di un lascito (sufficiente per coprire i costi del lancio) da parte di G7HIA che prevedeva il suo impiego per finanziare un progetto "spaziale". RCF e la Gift Aid hanno poi supportato questo progetto anche in altre forme.

Il progetto non è solo di AMSAT -UK dato che AMSAT -UK non è in grado di ottenere una licenza per il volo da parte dell'Agenzia spaziale del Regno Unito ai sensi della legge UK's Outer Space Act (per motivi prevalentemente di costo). Così il satellite sarà registrato come olandese presso l'ITU. Per questo AMSAT-UK ha stipulato una joint venture con AMSAT-NL, che ha prodotto la scheda RF, quella Asib e soprattutto, ha firmato il contratto di lancio.

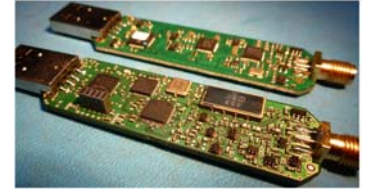
Obiettivo del progetto FUNcube è quello di creare un CubeSat educativo, destinato a entusiasmare, emozionare ed educare gli studenti su temi quali: radio, spazio, fisica ed elettronica. Sosterrà inoltre iniziative di scienze della formazione, tecnologia, ingegneria e matematica.

Gli insegnanti possono visitare il sito: www.esa.int/Education/Teachers_Corner

FUNcub-1 volerà come un CubeSat 1U stand- alone, mentre FUNcube -2 sarà parte del UKube-1 3U. Il design del satellite utilizza molti sottosistemi off-the -shelf per ridurre la complessità ed il tempo di sviluppo nonché per mantenere il rischio finanziario della missione al minimo. La missione principale è quella di fornire in downlink una telemetria che possa essere facilmente ricevuta da scuole e istituti per scopi educativi e divulgativi. Quando non in modalità didattica, il satellite attiva un transponder per essere impiegato da parte dei radioamatori.

Il target di riferimento è composto in gran parte da studenti, sia della scuola primaria sia secondaria e il progetto prevede lo sviluppo di un semplice ed economico dispositivo di ricezione a terra operante sui segmenti delle VHF assegnati al servizio satellite d'amatore.

Questo ricevitore è contenuto in una semplice chiavetta USB, nota come dongle , che riceverà i segnali direttamente dal satellite e trasferirà i dati al software grafico appositamente sviluppato per essere eseguito su qualsiasi computer Windows. L'antenna dovrebbe essere non più di una semplice verticale o un dipolo.



USB Dongle

La telemetria fornirà informazioni su:

- Temperature interne ed esterne del satellite
- Tensioni e correnti dei pannelli solari e della batteria
- Altri dati di bordo
- Temperature di alcune strisce metalliche applicate esternamente al satellite e dotate di diverse finiture superficiali per offrire una dimostrazione dell'esperimento noto come "Cubo di Leslie " (una delle tradizionali esperienze scolastiche su come gli oggetti emettano calore)

Altri obiettivi formativi aggiuntivi e opportunità offerte dal progetto sono:

- Dati in continuo dall'intera orbita per studi sull'illuminazione e dimostrazione della fase di eclisse
- Studi avanzati in materia di modelli di radiazione dell'antenna e livelli di radiazione solare. Studio a lungo termine degli effetti delle radiazioni sui microcircuiti
- Integrazione nei programmi di matematica e fisica per le scuole primarie e secondarie
- Dimostrazioni di comunicazioni radio nelle scuole
- Presentazione di un vero FUNcube dimostrativo nelle scuole
- Coinvolgimento di studenti universitari in studi avanzati
- Messaggi di auguri (come un tweet dallo spazio)

Il progetto FUNcube comprende anche lo sviluppo di software per visualizzare graficamente i dati della telemetria. Questo software è stato sviluppato in collaborazione con vari insegnanti e sarà disponibile in diverse versioni, adeguate a varie fasce di età degli studenti. Sarà anche possibile mostrare visivamente l'orientamento del satellite e la rotazione sul suo asse.

Oltre a visualizzare la telemetria, il programma potrà anche mostrare la mappa dell'orbita in tempo reale, con le previsioni per la particolare ubicazione della scuola (NB è richiesto un programma aggiuntivo).



Mappa orbitale

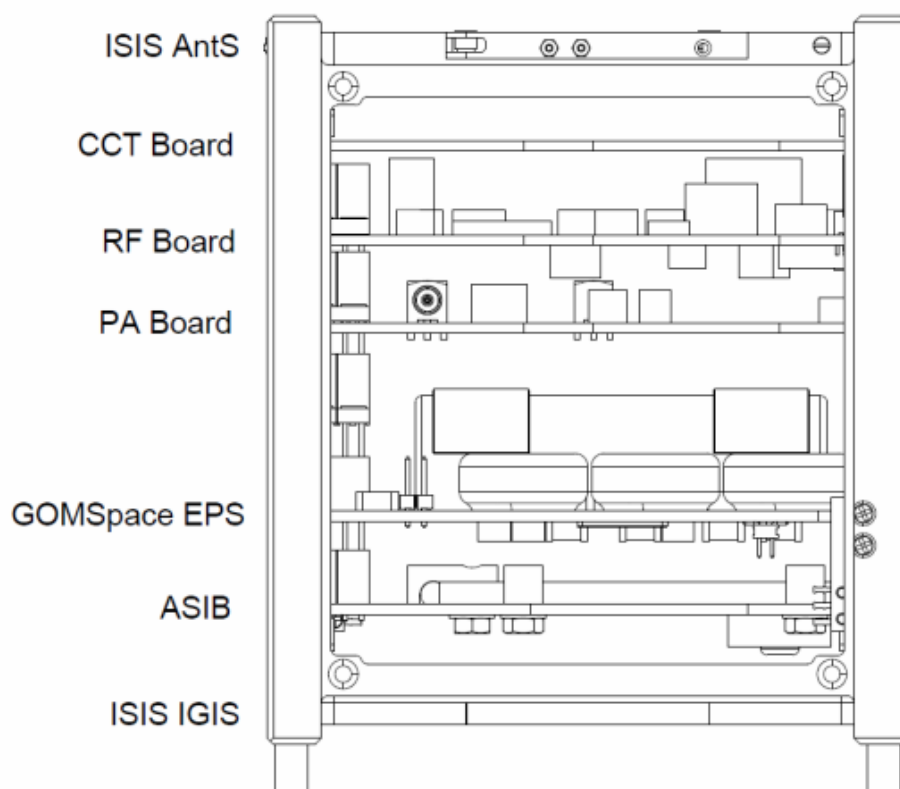
Il carico utile a bordo del satellite permette l'upload (indirettamente, tramite un servizio gestito da un moderatore) di brevi messaggi di augurio e saluto da usare per le scuole e il trasferimento dei dati ricevuti da una stazione a terra su un unico database comune. Questi dati saranno disponibili a chiunque per visualizzazione ed analisi.

Competizioni tra scuole, quali ad esempio, quantità di dati raccolti in un periodo, l'uso più creativo dei dati , o " insegnamenti ricevuti", divisi per fasce di età potrebbero essere facilmente realizzate con tanto di premi e presentazioni.

Pur se di soli 10x10x10 cm e con un peso inferiore a 1 kg, l'impiego di componenti moderni ha permesso la progettazione di un satellite molto sofisticato. FUNcube-1 è il primo CubeSat progettato per avvantaggiare i gruppi più giovani e sarà il primo CubeSat britannico a raggiungere lo spazio. Si prevede che entrambi i FUNcube-1 e FUNcube-2 (su UKube-1) saranno lanciati in orbite basse, ad una altitudine di circa 600 - 800 km utilizzando una delle varie opportunità di lancio che esistono per le missioni CubeSat.

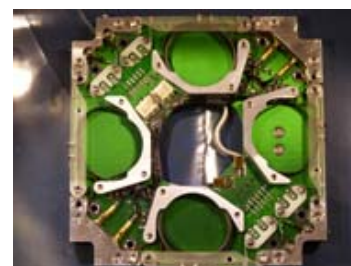
In tale orbita, il satellite passerà sopra ai nostri paesi ogni giorno indicativamente tre volte al mattino e tre volte la sera (ora locale). Al di fuori degli orari scolastici e nei fine settimana, il FUNcube sarà messo a disposizione dei radioamatori per i loro esperimenti di radio comunicazioni.

Sistemi di bordo



Sistema d'antenna (AntS, ISIS)

FUNcube-1 è dotato di due antenne a dipolo, una per i 145 MHz e una per i 435 MHz, entrambe fornite da ISIS. Gli elementi delle antenne sono costruiti in maniera simile ad un “metro a nastro”, che quando viene rilasciato si srotola automaticamente. Le antenne vengono rilasciate facendo fondere, tramite una serie ridondante di resistenze, il filo che le trattiene in posizione dentro al satellite. Quando il filo si scioglie viene aperto il coperchio permettendo all'antenna di srotolarsi. Le antenne saranno estratte (un elemento alla volta), circa 10 minuti dopo l'espulsione dall'ISIPOD, questo per garantire di essere già ad una distanza sufficiente da altri corpi in orbita e quindi tale da non colpirli.



Modulo radio (RF Board, AMSAT)

La scheda radio svolge le seguenti funzioni:

- Ricezione di un singolo canale FM in banda satellite amatoriale a 435MHz e demodulazione del segnale audio per la decodifica dei comandi eseguita dal modulo CCT



- Modulazione in BPSK della telemetria . Il segnale audio generato dalla scheda CCT, qui viene modulato, convertito su una frequenza nella banda 145MHz ed infine amplificato per pilotare la scheda PA
- Ricevitore e AGC del transponder lineare invertente che converte una larghezza di banda di 20 kHz da 435MHz a 145MHz

Modulo amplificatore finale (PA Board) (AMSAT)

La scheda dell'amplificatore finale ha il compito di elevare la potenza dei segnali del beacon e del transponder prima di essere inviati all'antenna. I segnali, a 145MHz, arrivano dalla scheda RF con una potenza massima di 30mW o +15 dBm. Questi segnali di così basso livello sono amplificati fino a 400mW (+26 dBm) prima di essere inviati all'antenna di trasmissione. L'amplificatore RF lavora in classe AB ed è a singolo stadio, basato sul dispositivo MOSFET Mitsubishi RD02MUS1 MOSFET. L'amplificatore è alimentato direttamente dalla tensione della batteria non regolata, che, nell'uso normale, varierà fra 6,8 e 8,2 Volt. L'amplificatore è seguito da un filtro passa basso che attenua le frequenze al di sopra dei 160MHz. Il filtro include trappole specifiche che aggiungono attenuazione aggiuntiva alla terza armonica, prossima alle frequenze di ingresso in UHF del telecomando e del transponder.



Oltre all'amplificatore RF, la scheda contiene quattro sensori che raccolgono dati per la telemetria del satellite. I sensori sono:

- Corrente di alimentazione del MOSFET (mA)
- Temperatura del dispositivo di potenza (°C)
- Potenza RF diretta (mW)
- Potenza RF riflessa (mW)

La temperatura dell'amplificatore cambierà durante le varie porzioni dell'orbita: ad esempio nella porzione illuminata la sua temperatura aumenterà a causa dell'energia (calore) ricevuto dal sole. Al contrario, durante la fase di eclisse, la temperatura diminuirà in quanto l'energia termica prodotta dall'amplificatore fluisce dapprima alle superfici esterne del veicolo spaziale per conduzione e da qui è irradiata verso lo spazio. La temperatura del MOSFET cambia anche in base all'impiego del transponder. Sorvolando gli oceani o le regioni polari, questo utilizzo sarà basso, mentre durante il passaggio su zone ad alta densità di popolazione, il transponder sarà più pesantemente utilizzato provocando con questo un aumento della temperatura dell'amplificatore finale.

Modulo batterie ed alimentatore (EPS Power System, GOMSpace - Denmark)

Questa unità di tipo commerciale utilizza un microcontrollore che fornisce le funzionalità di ottimizzazione dell'efficienza energetica, misura e registrazione di tensioni, correnti e delle temperature del sistema, gestione da parte della stazione di controllo, ecc. La batteria usa la tecnologia agli ioni di litio, con una capacità di 2600mAh a 7.6Volts nominali per ognuno dei due elementi impiegati.

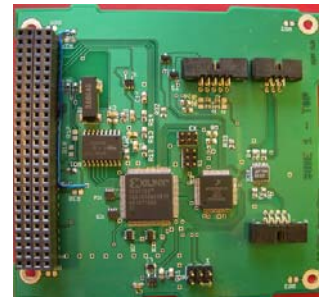
Questo tipo di alimentazione è in grado di fornire energia ai servizi di bordo direttamente dai pannelli solari nel caso in cui ad esempio, dopo un po' di tempo nello spazio, la batteria entri in avaria. Ciò permette alla luce del sole di garantire il funzionamento del satellite anche dopo un guasto agli accumulatori, in accordo ai requisiti iniziali del progetto.



Modulo di comando, controllo e telemetria (Command, Control & Telemetry [CCT] Board , AMSAT)

Questo modulo è uno dei circuiti progettati e realizzati dai membri del team di sviluppo FUNCube di AMSAT . La sua funzione è quella di controllare ciò che il satellite fa in tempo reale, ad esempio:

- Commutare automaticamente il satellite da "modalità didattica" a "modalità radioamatoriale".
- Raccogliere le letture dagli oltre 30 sensori del satellite, ad esempio temperature, tensione batterie, correnti, ecc. e convertirli in telemetria pronta per downlink tramite il trasmettitore beacon.
- Raccogliere e memorizzare i dati dall'esperienza di scienza dei materiali (Material Science Experiment, MSE) per un'intera orbita, al fine di dimostrare variazioni di prestazioni termiche di materiali con diverse finiture superficiali quando nel vuoto si spostano fra temperature molto differenti ad esempio passando dalla fase di eclisse (molto freddo) alla luce (molto caldo) e viceversa.
- Monitorare la tensione della batteria principale e attivare una modalità a basso consumo se la tensione della batteria scende sotto un certo livello preimpostato.
- Preprocessare il segnale di telemetria e applicare una correzione di errori (Forward Error Correction, FEC), in modo che le stazioni a terra la possano ricevere senza errori.
- Comunicare con il resto del satellite tramite un sistema noto come bus I2C.
- La scheda contiene anche un connettore a cui collegare il sistema d'antenna, permettendo così l'invio del comando di dispiegamento dei dipoli una volta in orbita.
- La scheda è stata progettata per assorbire pochissima potenza (15mW medi di consumo di energia con un valore di picco di 33mW), inoltre il microprocessore può passare ad una modalità di risparmio energetico.

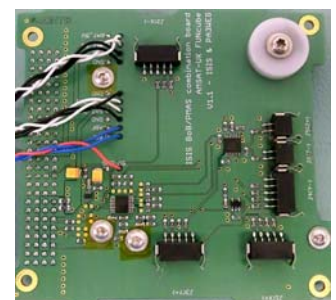
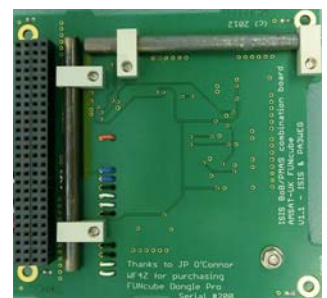


Scheda speciale d'interfaccia (AMSAT e ISIS)

Questo modulo controlla il sistema passivo di stabilizzazione del satellite nonché alcune funzioni di interfacciamento e il controllo ausiliario di alcune correnti e tensioni.

Il satellite è provvisto di un sistema di stabilizzazione realizzato tramite due magneti ortogonali (vedi immagine superiore a fianco) e un magnete permanente (l'oggetto circolare bianco nell'immagine inferiore). I due magneti ortogonali smorzano i momenti angolari nei due assi mentre il magnete permanente allinea l'altro asse del satellite lungo la direzione del campo magnetico terrestre.

Il modulo offre anche l'interfacciamento verso il modulo CCT dei seguenti sensori: cinque sensori solari, quattro sensori di temperatura del pannello solare (non presenti sulle facce Z + / -), due sensori di tensione del bus principale e uno di corrente sul bus a 3.3V.



Pannelli solari (AMSAT)

I pannelli sono dotati di sensori solari e di temperatura, impiegano la tecnologia a GaAs a tripla giunzione e hanno una copertura in vetro per meglio resistere alle radiazioni cosmiche. Ogni pannello eroga 2,3 watt a tre volt di uscita (efficienza 28%). Sebbene l'efficienza di questi pannelli si deteriori col tempo, essi sono progettati per funzionare con buona efficienza per diversi anni ad una temperatura di esercizio compresa tra -40°C e +125°C.

Modulo IGIS (ISIS)

Questo è il modulo inferiore della pila ed è un prodotto standard ISIS. Fornisce un connettore per la ricarica della batteria prima del volo e permette l'inserimento del vitale "ABF " Add Before Flight, una spina da inserire presso il sito di lancio, senza la quale il satellite non funzionerà.

Modi operativi

- Solo ricezione - tutti i trasmettitori sono spenti, solo ascolto dei comandi da terra, come richiesto dalla ITU (International Telecommunications Union)
- Modalità di sicurezza – solo beacon con telemetria a bassa potenza
- Modalità Educational – beacon ad alta potenza. Previsto il funzionamento solo durante l'illuminazione
- •Modalità radioamatoriale – beacon a bassa potenza e transponder a piena potenza. Previsto il funzionamento nella fase di eclisse

Lancio e prime operazioni

FUNCube - 1 dovrebbe essere lanciato dal territorio sovietico verso la fine del novembre 2013 ed immesso in una un'orbita sincrona a 600km di quota. L'antenna per la sua ricezione, il FUNCube dongle, il software e vario supporto informativo dovrebbero essere resi disponibile alle scuole (britanniche) a basso costo, poco dopo. Nei primi giorni di volo, il satellite sarà monitorato dalla Radio Society of Great Britain's National Radio Centre at Bletchley Park a nord di Londra.

Obiettivo di elementi kepleriani del lancio:

Satellite: FUNCUBE-1 (AO-73)
Catalog number: 99991
Epoch time: 13325.309563080
Element set: 1
Inclination: 97.7956 deg
RA of node: 38.2570 deg
Eccentricity: 0.0059925
Arg of perigee: 198.5190 deg
Mean anomaly: 336.5388 deg
Mean motion: 14.77841394 rev/day
Decay rate: 0.00000106
Epoch rev: 1



Lancio del vettore Dnepr da Yasny, Russia, Q4 2013

Operazioni del Payload

Durante la notte locale (quando il satellite è in eclisse), il sistema passa in modalità radioamatoriale ricevendo in UHF (435,150-435,130 MHz) e ritrasmettendo in VHF (145,950-145,970 MHz). Alla luce del sole il satellite sarà invece in modalità didattica, con la trasmissione della telemetria a piena potenza su 145,935 MHz 1200 bps BPSK. Le modalità e le loro temporizzazioni possono essere modificate dalle stazioni di controllo a terra. Il satellite dispone di un sistema per rilevare quando è in oscurità (eclissato dalla terra) passando autonomamente dalla modalità didattica (solo telemetria ad alta potenza) alla modalità radioamatori (telemetria a bassa potenza più transponder radioamatoriale a piena potenza).

Il transponder radioamatoriale (che è parte della scheda RF) può essere utilizzato per dimostrazioni di comunicazioni radio a scolari e studenti di tutte le età. Gli studenti dovrebbero essere in grado di ricevere i segnali radio amatoriali nel momento del passaggio sopra la loro scuola del satellite.

Il transponder radio amatoriale (AMSAT)

Transponder lineare UV, invertente

- Potenza d'uscita 300mW PEP, compresi 30mW di telemetria a 145.935MHz
- AGC range 43dB
- Modo didattico: telemetria BPSK, 300mW
- Modo radioamatoriale: 30mW di telemetria BPSK più transponder a piena potenza
- In satellite può commutare automaticamente fra i modi "educational" quando in illuminazione e "amateur" quando in eclisse

Transponder uplink 435.150 to 435.130 MHz

Transponder downlink 145.950 to 145.970 MHz

Beacon telemetria 145.935 MHz

Tutte le frequenze sono state coordinate con la IARU (International Amateur Radio Union).

Telemetria

- 1200 bps BPSK con FEC (Forward Error Correction), 54 canali
- Telemetria trasmessa in 24 frame da 5second su un periodo di 2 minuti
- Dati "Whole orbit" campionati ogni 60 secondi e memorizzati per 104 minuti
- Dati "Fast" campionati ogni secondo per 60 secondi
- 9 messaggi di saluto di massimo 200 caratteri; 27 messaggi sono già memorizzati a bordo
- 4,3 secondi di trasmissione dei dati seguiti da 0,7 secondi di tono BPSK non modulato (suono molto particolare per consentirne una facile identificazione ad orecchio)

La maggior parte dei sensori generano una tensione rappresentativa della corrente, temperatura o potenza da misurare. Questa tensione viene convertita in formato digitale nel convertitore analogico- digitale.

Tutte le equazioni di calibrazione della telemetria sono disponibili sul sito <http://funcube.org.uk>. Il satellite trasmette anche un numero di sequenza a 24 bit e un identificatore a 2 bit che consente al software della stazione di terra di identificare il satellite ricevuto ed indirizzare correttamente la telemetria al server centrale che la raccoglie.

Obiettivi didattici

Scopo del progetto FUNcube è offrire un segnale da un satellite in orbita che possa essere facilmente ricevibile da scuole e istituti. I destinatari sono soprattutto gli studenti, sia a livello primario sia secondario. Le informazioni vengono visualizzate in un formato attraente e costituiscono stimolo e incoraggiamento per gli studenti ad interessarsi a tutte le discipline STIM (Scienza, Tecnologia, Ingegneria e Matematica) in modo unitario.

Oltre alla costruzione del satellite reale, il team ha sviluppato una semplice ed economica "stazione di terra" che necessita solo di una piccola antenna, posizionata preferibilmente all'aperto, collegata ad una speciale "chiavetta", nota come FUNcube dongle USB. Con questi pochi mezzi è possibile ricevere i segnali direttamente dal satellite e trasferire i dati al software grafico sviluppato appositamente ed eseguibile su qualsiasi computer Windows.

Agli alunni della scuola primaria, si potrà mostrare:

- La radiazione solare – la potenza del sole
- Elementi di pianeti, orbite, forze ed eclissi
- Le batterie che lavorano quando il satellite è al buio
- Dimensioni - La Stazione Spaziale Internazionale è di grandi dimensioni (quanto cinque autobus a due piani) - FUNcube è molto piccolo (cubo da 10 cm)
- Geografia - nazioni , luoghi , tempo , ecc.

Agli studenti della scuola secondaria, si prevede invece di poter proporre:

- Temperature a bordo - interne ed esterne
- Tensioni e correnti derivanti dai pannelli solari e da/per la batteria
- Temperature delle strisce metalliche esterne che hanno diverse finiture per offrire una dimostrazione dell'esperimento noto come "Cubo di Leslie"
- Visualizzazione della velocità di rotazione del satellite usando un grafico corrente/tensione dei pannelli solari
- L'effetto del magnete a bordo per allineare il satellite con il campo magnetico terrestre

Altri obiettivi formativi e opportunità offerte dal progetto sono:

- "Whole orbit data" (dati raccolti lungo l'intera orbita) per studiare e dimostrare l'alternanza di periodi di illuminazione e di eclisse del satellite
- Integrazione nei programmi di matematica e fisica della scuola primaria e secondaria
- Dimostrazioni di comunicazioni radio nelle scuole
- Osservazioni avanzate in materia di modelli di radiazione dell'antenna e livelli di radiazione solare . Effetti a lungo termine delle radiazioni sui microcircuiti e su altri componenti

Inoltre il satellite consentirà anche l'upload (indirettamente tramite un servizio moderato) di brevi messaggi di augurio per le scuole e di raccogliere i dati ricevuti in un database comune. Questi dati saranno resi disponibili a chiunque ne voglia fare una visualizzazione o analisi.

Esperimento di scienza dei materiali (MSE)

Obiettivo di questo esperimento è studiare come l'energia termica venga irradiata nello spazio da parte di materiali con diverse finiture superficiali. Nelle ore di insegnamento di scienze a scuola impariamo come il trasferimento dell'energia termica da un materiale caldo ad un materiale freddo avvenga per convezione, conduzione o irraggiamento. Mentre la conduzione nei solidi e la convezione nei gas o nei liquidi può essere facilmente dimostrata, il classico esperimento col cubo di Leslie per mostrare il trasferimento di energia per irraggiamento può essere poco convincente dato che allo stesso tempo si verificano conduzione e convezione.



Il cubo di Leslie

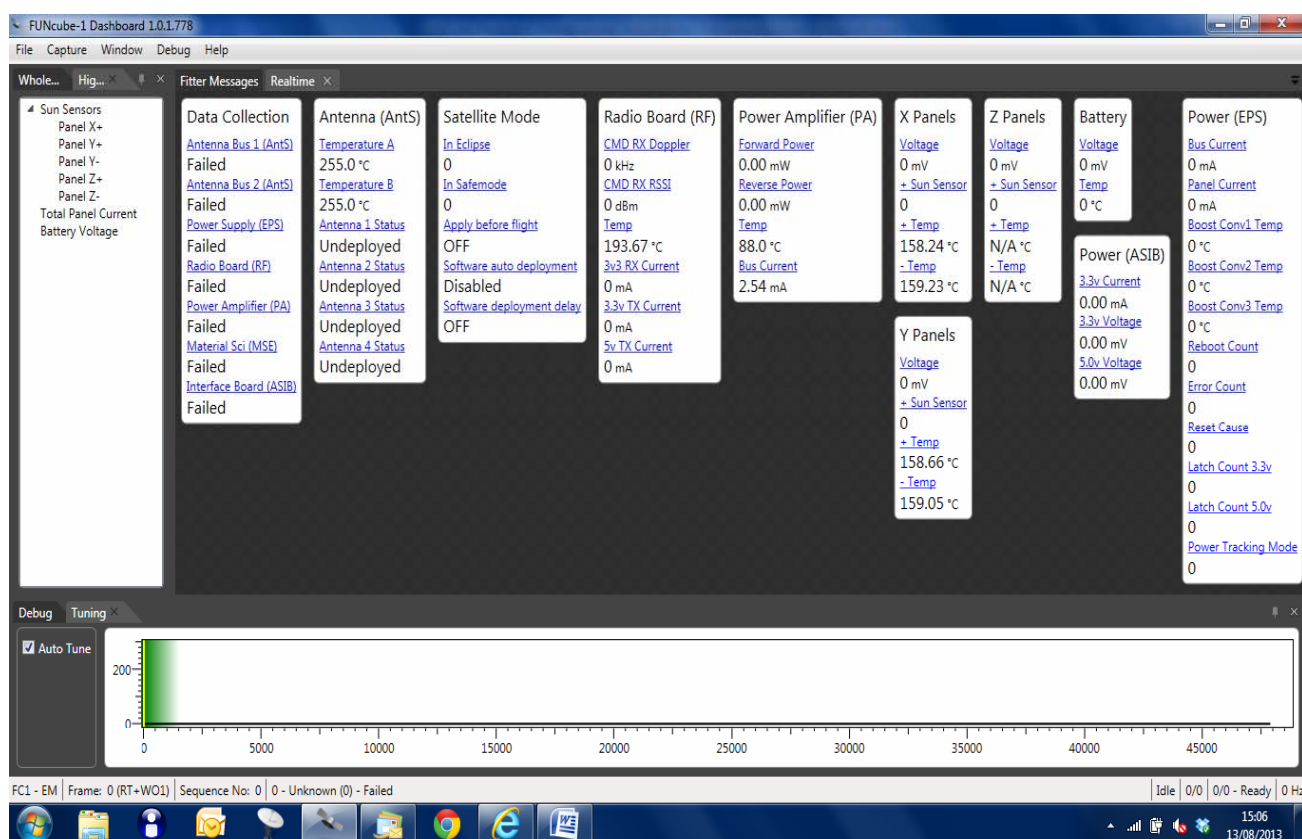
FUNcube-1 è dotato di due barre di alluminio montate sulla superficie esterna dei pannelli solari. Una è anodizzata nero opaco, l'altro ha una finitura a specchio, cromata lucido. Entrambe hanno dimensioni di 70 x 4 x 3 millimetri, sono isolate termicamente dal corpo del satellite e includono dei termistori per misurare la loro temperatura. Quando il satellite attraversa la parte illuminata della sua orbita, l'energia del sole viene assorbita da entrambi i campioni metallici provocandone un aumento della temperatura.

La differenza di aumento della temperatura tra i due campioni non è facilmente prevedibile in quanto non dipende solo da fattori noti quale la massa, la finitura superficiale, la capacità termica specifica e l'area esposta, ma anche da diverse variabili incognite, quali ad esempio la rotazione del satellite e il suo angolo d'esposizione al Sole. Tuttavia, quando il satellite passa dalla luce solare all'eclisse, l'energia viene dissipata da entrambi i campioni per irraggiamento.

Le temperature delle due barre sono campionate ogni 60 secondi e memorizzate sul satellite. Quando il FUNcube passa sopra una stazione a terra, i dati relativi agli ultimi 104 minuti vengono trasmessi tramite la telemetria. Dato che il periodo orbitale è di circa 94 minuti, i dati includono sicuramente l'ultimo passaggio in eclissi. I dati possono essere riportati in un grafico utilizzando l'apposito programma che dimostra come l'energia venga assorbita ed emessa dai campioni a velocità diverse.

Oltre alle barre sui pannelli solari, anche i vertici superiori della struttura in alluminio del satellite sono stati prodotti con un lato avente una finitura argento naturale (coperto con un rivestimento in kapton blu prima del lancio), mentre gli altri sono nero opaco. Questi elementi possono essere chiaramente osservati nell'immagine di copertina. Anche questi elementi sono equipaggiati di sensori di temperatura e anche se la struttura è interconnessa, permettendo così lo scambio termico per conduzione fra gli elementi, ci dovrebbe essere una differenza misurabile nel tasso di variazione delle relative temperature.

L'interfaccia grafica – pannello di controllo



Pannello di controllo grafico

L'interfaccia utente grafica (GUI) è il software che sarà disponibile gratuitamente per chiunque fosse interessato (scuole e singoli appassionati). Sarà eseguibile su un computer Windows e consentirà all'utente di visualizzare ad esempio la telemetria. Il programma acquisisce il segnale audio da un FUNcube dongle o da una qualunque radio SSB (tramite la scheda audio del computer) e se così configurato, ritrasmette la telemetria ricevuta verso il server che espleta la funzione di data warehouse (raccolta dei dati) via Internet (<https://warehouse.funcube.org.uk/>). In questo modo è possibile collezionare dati di telemetria provenienti da tutto il mondo, disponibili poi per chiunque li volesse analizzare. Il pannello di controllo può visualizzare anche i dati precedentemente registrati da file audio .Wav , file wav IQ o da registrazioni FUNCubebin.

AMSAT offrirà il software di base, disponibile sotto licenza creative commons, prima del lancio in modo che potenziali collaboratori possano contattarla per ulteriori informazioni. Una versione simile è stata sviluppata per offrire la stessa funzionalità per il sotto sistema FUNcube-2 (FC2) a bordo del satellite UKube-1. Il programma è stato testato su una varietà di macchine Windows , da XP fino a Windows 8. Lo sviluppo del software continua.

Al momento in cui scriviamo (ottobre 2013) il software per sistemi Linux e Mac OS non è ancora pronto, ma ci sono una serie di progetti in corso per fornire i decoder anche per queste piattaforme.

Fitter Messages

Che cosa è un messaggio Fitter ? “ Fitter” deriva da “Twitter”. Così, è come un tweet, ma diffuso attraverso il FUNcube.

Il “Fitter” è un breve (massimo 200 caratteri) messaggio di testo che può essere caricato sul satellite (da stazioni di terra autorizzate) e che può essere trasmesso più volte approssimativamente ogni cinque minuti. Il messaggio continua ad essere ritrasmesso fintanto non venga sostituito da uno nuovo.

Un Fitter potrebbe essere qualcosa del tipo:

Saluti alla scuola xyz , che sarà presente alla data xyz. Ci auguriamo che riceviate questo messaggio OK ! (rimane spazio per qualche parola in più)

Lo spazio di memoria a bordo del satellite può registrare fino a nove messaggi “Fitter” (totale 1800 caratteri).

Il FUNcube Dongle

Il FUNcube Dongle è un ricevitore radio definito da software (SDR) racchiuso in un'unità USB e pensato per ricevere i segnali direttamente dal satellite e trasferirli al software del computer . L'antenna si collega al connettore SMA femmina e la chiavetta fa il resto. Il dongle è capace di ricevere uno spettro molto più ampio di quello oggi destinato al traffico spazio-terra, una volta interfacciato con specifici programmi. È stato ideato, progettato e costruito da esperti di AMSAT -UK e le sue vendite hanno contribuito a finanziare il progetto FUNcube. La sintonia spazia da almeno 150 kHz a 240MHz e da 420MHz a 1.9GHz. Impiega oltre 200 componenti che offrono ad esempio filtri specifici per banda e la possibilità di alimentare un'antenna attiva tramite lo stesso connettore RF. Al momento della pubblicazione la versione più recente è nota come FUNcube Pro + Dongle, un motore di ricerca vi aiuterà a trovare facilmente le pagine web più aggiornate.



Formato dei dati della telemetria

Panoramica

Il punto di partenza è quello di utilizzare una modulazione BPSK a 1200bps con convoluzione e block coding, basata sul collaudato modello di telemetria di AMSAT OSCAR -40 FEC modificata ove necessario. Partendo da una frame base di 256 byte (2048 bit), una volta elaborati da un paio di encoder (RS 160-128), lo scrambler, il codificatore di convoluzione e l'interlacciatore, avremo 5200 bit da trasmettere. Così, ignorando preambolo e chiusura, ogni frame di dati richiederà 4,3s per essere trasmesso.

Ogni frame, è composto da 2 bit di identificazione del satellite, seguito da 6 che specificano il tipo di frame, poi 440 bit di dati in tempo reale seguito da 1600 bit di dati di payload. Questo soddisfa il vincolo dei 2048 bit per frame e con esso l'obiettivo di aggiornamento e ritrasmissione ogni cinque secondi.

| | | | | |
|-------|-------|--------|------|----------------------------|
| satid | ftype | rt-tlm | data | 2048 bits (256 byte) Frame |
| 2 | 6 | 440 | 1600 | |

Sat Id

I primi 2 bit rappresentano l'Id Sat, attualmente definito come:

- [0][0] = FUNcube 1
- [0][1] = FUNcube 2 su UKube-1
- [1][0] = non allocato
- [1][1] = protocollo esteso (Id Sat definito altrove)

Tipologie di frame

I successivi 6 bit sono trasmessi con quello più significativo (MSB) per primo e identificano sia il tipo sia quale frame della sequenza di trasmissione globale è in corso di trasmissione.

Principali tipi di frame:

- dati "Whole orbit" (tipo = WO)
- I dati "High resolution" (tipo = HR)
- Messaggi "Fitter" (type = FM)

Telemetria in tempo reale

Anche se non può essere considerato un vero tipo di frame a sé stante (in quanto incluso in tutti i frame) la telemetria in tempo reale trasmette lo stato di tutti i canali dai moduli EPS, RF, PA, antenne e sistema di controllo. L'aggiornamento è ogni 5 secondi.

Dati "Whole Orbit"

Questa è la parte di telemetria destinata a fornire tutte le informazioni necessarie per il controllo dell'esperimento a bordo di scienza dei materiali. I dati saranno campionati una volta al minuto per 104 minuti. L'obiettivo principale è l'acquisizione dei quattro valori di temperatura campionati a 12 bit. Questi, insieme con la tensione e la temperatura dei pannelli solari, dovrebbero essere sufficienti per sviluppare l'esperimento. Nel frame sono inclusi anche la tensione della batteria nonché le correnti totali e dei pannelli. Questi dati costituiranno un buon indicatore dello stato di alimentazione complessivo del satellite nel corso dell'intera orbita.

Telemetria ad alta risoluzione

Scopo dei dati ad alta risoluzione è quello di monitorare la rotazione del satellite sul suo asse. Questo può essere valutato osservando l'uscita di ogni pannello solare ad una frequenza relativamente elevata di campionamento. Pertanto i dati raccolti provengono dai 5 sensori solari, dai pannelli fotovoltaici e dalla corrente di batteria, il tutto campionato una volta al secondo per la durata di un minuto.

Piano delle trasmissioni

La raccolta dei dati di cui sopra darà luogo a:

- 12 frame "Whole orbit"
- 3 frame di telemetria ad alta risoluzione
- 9 frame per messaggi Fitter

UKube-1

Il primo progetto spaziale intrapreso dall'Agenzia Spaziale del Regno Unito sarà UKube-1, sviluppato in collaborazione tra alcune piccole e medie imprese ed università.

UKube-1 sarà un CubeSat 3U e dovrebbe essere lanciato in orbita bassa nei primi mesi del 2014.

Il satellite avrà tre esperimenti a bordo, così come AMSAT ha fornito una serie di moduli del FUNcube da integrare nel UKube-1.

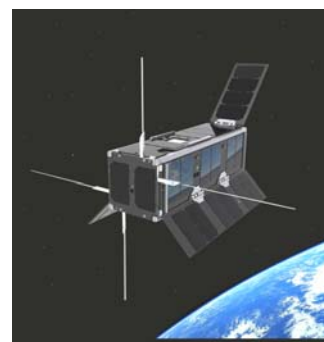


Immagine © Clyde Space Ltd

Questo insieme, costituirà la base didattica in risposta ai requisiti di missione del UKube-1 così come fornirà un sistema di comunicazione ridondante per il satellite.

Similmente al FUNcube-1, l'esperimento di scienza dei materiali su UKube-1 è composto da quattro listelli, due come nel FUNcube-1 e due in titanio di cui uno lucidato e uno con una finitura in film sottile (Physical Vapor Deposition PVD) nera.

Oltre al payload FUNcube, l'equipaggiamento radio UHF/VHF del UKube-1 dispone di anche una modalità "loop back" che sarà disponibile dopo la fine della missione principale. Questa modalità, volta agli utenti amatoriali, fornisce di fatto un trasponder monocanale con ingresso in FM e uscita DSB

" FUNcube-2 on UKube-1" è la denominazione ideata per evitare confusione con l'esistente FUNcube-1 e per descrivere questa parte del progetto FUNcube.

Transponder uplink 435,080-435,060 MHz

Transponder downlink to 145.950 145,930 MHz

Beacon telemetria 145,915 MHz



AMSAT-UK

I potenziali nuovi soci possono scoprire tutto il fantastico mondo di AMSAT-UK visitando il nostro sito web all'indirizzo <http://www.amsat-uk.org> dove si possono comprendere gli obiettivi dell'organizzazione, guardare chi la compone e gestisce e sfogliare virtualmente la nostra rivista, Oscar News, nonché iscriversi online.

AMSAT-UK, "Badgers", Letton Close, Blandford, Dorset DT11 7SS, UK
Telefono: (+44) (0)1258 453959; Fax (+44) (0)1258 453959
E-mail: Jim Heck, G3WGM, g3wgm@amsat.org